T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

TÜRBİNİ DİREĞE BAĞLAMA

Ankara, 2013

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iii
GİRİŞ 2
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 4
1. TÜRBİNİ ANA DİREĞE BAĞLAMA 4
1.1. Jeneratör ve Çeşitleri 4
1.1.1. Asenkron Jeneratör 4
1.1.2. Senkron Jeneratör 4
1.1.3. Doğru Akım Jeneratörü 4
1.2. Ana Direği Türbin Montaji İçin Sabitleme 6
1.3. Türbin Bağlantı Çeşitleri 7
1.4. Türbini Ana Direğe Sabitlemek 7
1.5. Türbin Kablolarını Ana Direğe Bağlamak 8
1.6. Türbin Sağa Sola Dönüş Kontrollerini Yapmak 10
UYGULAMA FAALİYETİ 11
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 14
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 15
2. KANATLARI ve BURNU TÜRBİNE BAĞLAMA 15
2.1. Kanat ve Çeşitleri 15
2.2. Kanat Hesabı 16
2.3. Türbin Gövdesinin Sabitlenmesi 17
2.4. Kanat Bağlantı Yönlerinin Belirlenmesi 19
2.6. Kanatların Kaldırılmadan Önce Sabitlenmesi 19
2.7. Türbin Burnunun Bağlantısının Yapılması 20
UYGULAMA FAALİYETİ 21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 22
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 23
3. YÖNLENDİRME PARÇASINI TÜRBİNE BAĞLAMA 23
3.1. Türbin Yönlendirme Parçası ve Çeşitleri 24
3.2. Türbin Yönlendirme Parçasını Yerine Yerleştirme 25
3.2.1. Türbin Yönlendirme Parçasının Bağlantısını Yapma 25
3.2.2. Türbin Yönlendirme Parçasının Hareket Testini Yapma 25
UYGULAMA FAALİYETİ 26
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 27
ÖĞRENME FAALİYETİ-4 28
4. DİREKLERİN TOPRAKLAMASI 28
4.1. Topraklamanın Tanımı 28
4.2. Topraklama Hesabı 28
4.2.1. Özgül Toprak Direnci 28
4.2.2. Topraklayıcının veya Topraklama Tesisinin Yayılma Direnci (RE) 29
4.2.3. Topraklama Direnci 29
4.2.4. Toplam Topraklama Direnci 29
4.2.5. Topraklama Empedansı (ZE) 29
4.3. Topraklama Elemanlarını Seçmek 30
4.3.1. Elektrot 30
4.4. Temel Topraklamasını Yapma 32

4.5. Elektrik Tesisinin Topraklama ve Yalıtkanlık Direncini Ölçme 33
4.5.1. Toprak ve Yalıtkanlık Direnci Ölçen Aletler 33
4.5.2. Topraklama Direncini Ölçme 34
4.5.3. Yalıtkanlık Direncini Ölçme..... 35
4.6. Binalar ve Direklerde Paratoner Sistemi Montaj ve Bağlantılarını Yapma 37
4.6.1. Tanımı ve Görevi..... 37
4.6.2. Yapıldığı Yerler..... 37
4.6.3. Çeşitleri..... 37
4.6.4. Paratoner Elemanları 38
UYGULAMA FAALİYETİ 39
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 41
MODÜL DEĞERLENDİRME 43
CEVAP ANAHTARLARI..... 44
KAYNAKÇA..... 46

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Yenilenebilir Enerji Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Ortak Alan**
MODÜLÜN ADI	**Türbini Direğe Bağlama**
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül, türbini direğe bağlayabilme ilgili bilgilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Türbini direğe bağlamak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Gerekli ortam ve ekipman sağlandığında küçük rüzgâr türbinini direğe bağlayabileceksiniz. **Amaçlar** 1. Uygun araç gereç ile türbini ana direğe bağlayabileceksiniz. 2. Uygun ekipmanlar ile kanatları ve burnu türbine bağlayabileceksiniz. 3. Uygun araç gereçleri kullanarak yönlendirme parçasını türbine monte edebileceksiniz. 4. Uygun ekipmanlarla topraklama bağlantısını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Yenilenebilir enerji kaynakları atölyesi **Donanım:** Ders materyalleri, yenilenebilir enerji deney setleri ve modülleri
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bu modülde, Yenilenebilir Enerji Teknolojileri alanın en önemli konularından biri olan türbinin direğe bağlanması konusu anlatılacaktır.

Bu modülü aldığınızda uygun araç gereç ile türbini ana direğe bağlamayı, uygun ekipmanlar ile kanatları ve burnu türbine bağlamayı, yönlendirme parçasını türbine monte etmeyi, topraklama bağlantısını yapabilmeyi öğreneceksiniz.

Endüstride, işletmelere staj için gittiğinizde, türbin direklerinin kurulması ile ilgili işlemlerin size ne çok fayda sağlayacağını, mesleğiniz açısından önemini daha iyi göreceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Uygun ekipmanlar ile türbini ana direğe bağlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Küçük ölçekli rüzgâr türbin çeşitleri nelerdir? Araştırınız.

1. TÜRBİNİ ANA DİREĞE BAĞLAMA

1.1. Jeneratör ve Çeşitleri

1.1.1. Asenkron Jeneratör

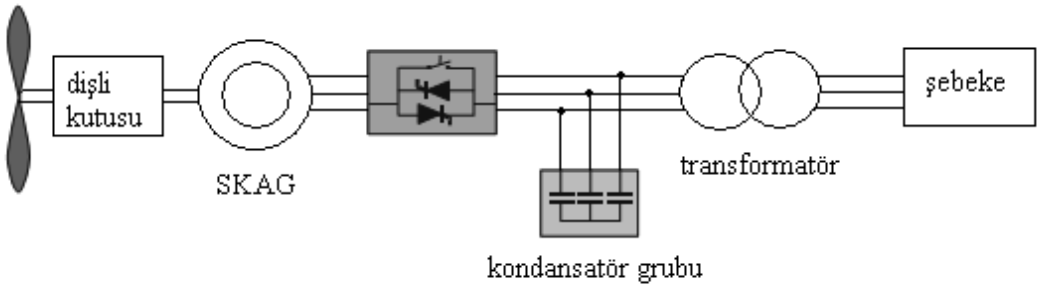
- Sincap Kafesli Asenkron Jeneratör (SKAG)
- Rotoru Sargılı Asenkron Jeneraör (RSAG)
- Çift Beslemeli Asenkron Jeneratör (ÇBAG)
- OptiSlip® Jeneratör (OSG)

1.1.2. Senkron Jeneratör

- Rotoru Sargılı (Alan Sargılı) Senkron Jeneratör
- (RSSG)
- Sürekli Mıknatıslı Senkron Jeneratör (SMSG)

1.1.3. Doğru Akım Jeneratörü

- Anahtarlı Relüktans Jeneratör (ARG)



Şekil 1.1: Doğru Akım Jeneratörü

20 kw ve üstü güçlerde asenkron jeneratörler kullanılmaktadır. Asenkron motorun generatör olarak çalıştırılması için sabit gerilim ve frekanslı bir şebekeye bağlı asenkron motorun miline diğer bir tahrik motorunu akuple olarak bağlanır. Tahrik motoru önce asenkron motoru yükleyecek şekilde tahrik edilir. Bu durumda asenkron motor yüklenmiş olarak $0<s<1$ durumunda çalışmaktadır. Tahrik makinesinin fren etkisi milden kaldırıldığında milindeki yük azaldıkça asenkron motorun rotor devir sayısı (n) gittikçe artar. Yük tamamen kaldırıldığında yani boş çalışmada n_1 devrine çok yakın bir değere ulaşılır. Bu işlemden sonra asenkron makinenın miline bağlı motor yardımı ile devir sayısını senkron devre eşitlenirse ($n=n_1$), bu durumda motorun stator bakır kayıpları Pcu_1 ile stator demir kayıpları motorun bağlı olduğu şebekeden karşılanırken, sürtünme ve rüzgâr kayıpları P_{S+V} tahrik motoru tarafından karşılanmaktadır. Kayma sıfır değerindedir. Gerilim sabit olduğundan ϕ manyetik akısı ve bu akıyı oluşturan I_μ akımı da sabit kalır. Tahrik motorunu hızlandırarak rotor devrini n_1 devrin üzerine çıkaralım. Bu çalışma durumunda kayma negatif olur. Genliği sabit kalan ϕ akısı ise n_1 hızı ile dönmeğe devam edecektir. Fakat röletif hareketi rotora ters olacaktır. Bu durumda asenkron motor generatör olarak şebeke ile paralel çalışmaktadır yani n_1 devri n'e nazaran kayma hızı kadar geridedir. Bunun sonucu olarak rotor sargılarında indüklenen $E_{20}.S$ geriliminin işareti değişmiştir. Bu durumda rotor akımının aktif bileşeni de kaymaya bağlı olarak işaret değiştirir. I_2 rotor akımı rotora nazaran ters yönde dönen bir θ_2 mmk'i oluşturur. Bu kuvvet dönüş yönüne ters etki yapan bir moment indükler. Bu moment rotoru frenlediğinden asenkron makina generatör olarak çalışıyor demektir.

Asenkron makinenin senkron devir üstünde tahrik edilmesiyle bağlı bulunduğu şebekeye enerji verebildiğini gördük. Bu durumda asenkron motorun ihtiyaç duyduğu I_μ mıknatıslama akımını şebekeden çeker. Asenkron motorun sargı uçlarına kondansatörler bağlamak suretiyle bu mıknatıslama akımı şebekeden bağımsız olarak sağlanabilir.

Asenkron motor aynı doğru akım dinamosu gibi kendi kendini uyararak dışarıya gerilim verebilir. Boşta çalışan asenkron motorun kayıplarını ihmal ettiğimizde şebekeden sadece I_μ akımı çeker. Bu akım ölçülerek $I_\mu=I_C$ yapılır. Bu iki akım zıt olduğundan I_C+I_μ olacak. Dolayısıyla asenkron motor şebekeye bağımlı kalmayacaktır. $I_\mu=I_C$ eşit olması demek kesişme noktalarında faz sargısı reaktansının X_C'ye eşit olması demektir. $X_C=X_1$ Burada $X_1=U_{10}/I_\mu$ olup, doyma derecesine bağlıdır. Asenkron generatörün kendi kendini uyarabilmesi için $X_C<X_{Ckr}$ olmalıdır yani X_C nin X_{Ckr} den küçük dolayısıyla C'nin C_{kr} den büyük olması gerekir.

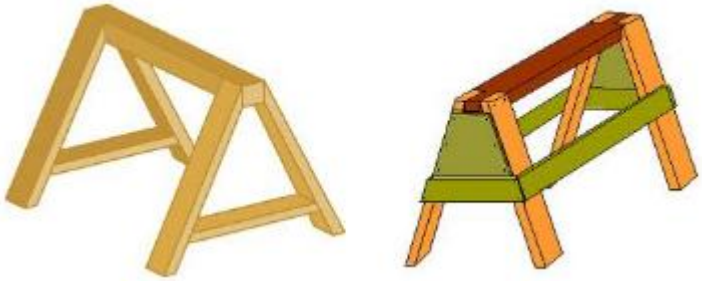
Burada C_{kr}, sabit f_1 frekansında, kendi kendini uyarma sınırına tekabül eden kritik kapasite ve Xc_{kr} kritik reaktif dirençtir.

$$Xc_{kr} = \frac{U_{10}}{I_c} = \frac{U_{10}}{I_\mu} \quad \text{ve} \quad C_{kr} = \frac{1}{2.\pi.f.Xc_{kr}}$$ formülleri ile bulunur.

Küçük rüzgâr türbinlerinde kullanılan doğru akım jeneratörü 12 neodyum demir bor sabit mıknatıslı (permanent magnet) jeneratör kullanılmaktadır. Bu mıknatıslar rotora yüksek dayanımlı epoksi ve 8 mm paslanmaz çelik bantlarla monte edilmiştir. Stator maksimum çalışma için elle sarılmıştır.

1.2. Ana Direği Türbin Montaji İçin Sabitleme

Türbin direğe monte edilmeden önce türbinin monte edileceği uç tarafa doğru küçükten büyüğe kütük veya tahtadan yapılmış piyasada eşek diye tabir edilen sehpalar üzerine uygun biçimde yerleştirilir. En büyük sehpanın boyu türbin kuyruk boyundan büyük olmalıdır. En küçük sehpa direğin temele bağlı olduğu menteşeye yakın yerleştirilir.



Şekil 1.2: Bıçkı Sehpası

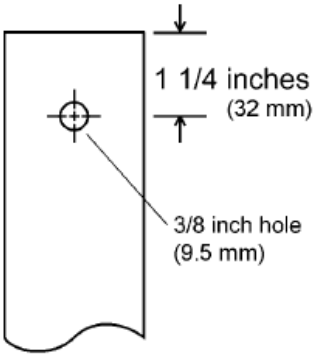
Resim 1.1

1.3. Türbin Bağlantı Çeşitleri

Küçük güçlü rüzgâr türbin bağlantıları yerde yapılır. 20 KW ve üstü güçlerde türbin bağlantısı kule üzerinde yapılır. Türbin bağlantısı için bu şekilde iki farklı yöntem kullanılmasının en büyük nedeni kanat bağlantılarının büyük güçlü türbinlerde yerde yapılmasının zorluğudur.

1.4. Türbini Ana Direğe Sabitlemek

Türbini ana direğe sabitlemek için türbinin 360 derece dönüş yapmasını sağlayacak rota (yaw) elemanının montajı yapılır. Bunun için kule ucundan diyagramda belirtilen noktada delik açılır.



Şekil 1.3: Kule ucundaki noktanın yeri

Kule içerisinden gelen kabloların türbin bağlantısı için kule ucundan en az 1 metre fazla pay bırakılır. Kule ucundan aşağıya rota (yaw) elemanı itilir. Bu işlem esnasında kule üst bölümünde kabloların sıkısmamasına dikkat edilmelidir. Kule ve rota (yaw) elemanı cıvataları sıkılır.

Resim 1.2: Rota (yaw) elemanı

1.5. Türbin Kablolarını Ana Direğe Bağlamak

Türbin montajından önce elektrik kabloları direk içerisinden geçirilir ve pano bağlantılarının yapılmasının ardından türbine elektriksel bağlantılar yapılır. Türbinin kuleye montajı yapılmadan kanat bağlantıları kesilikle yapılmaz. Kablolamada kullanılacak iletken tek cins olmalıdır yani sadece alüminyum ya da sadece bakır iletken kullanılmalıdır. Alüminyum-bakır bağlantısı olmamalıdır. DC jeneratör bağlantılarında kablo renkleri pozitif (+) uç için kırmızı renk, negatif (-) uç için siyah renk, toprak ucu için yeşil renk kullanılır. Kablo kesiti seçimi için şarj edilecek akü grubunun gerilim akım ve saat değerlerinin bilinmesi ve uygun kablo seçimi yapılması gereklidir.
AC alternatörler için kablo seçiminde 2400 W gücünde bir türbin için aşağıdaki tablolardan yaralanabilirsiniz.

Kablo Ebatı	120/240 VAC, Tek Faz	120/208 VAC, 3 Fazlı
4 AWG (25 mm2)	See Table 2	Tablo 2'ye bakınız
6 AWG (16 mm2)	See Table 2	Tablo 2'ye bakınız
8 AWG (10 mm2)	303 ft (92 m)	264 ft (80 m)
10 AWG (6 mm2)	190 ft (58 m)	165 ft (50 m)
12 AWG (4 mm2)	120 ft (37 m)	104 ft (32 m)
14 AWG (2.5 mm2)	75 ft (23 m)	65 ft (20 m)

Tablo 1. 1: AC alternatörler için kablo ebatları

Sistem Gerilimi	Maksimum Kablo Uzunluğu	# 8 AWG (10 mm2)	# 6 AWG (16 mm2)	# 4 AWG (25 mm2)
120/240 VAC, Split Phase	650 ft (198 m)	75 ft (22.9 m)	----------	575 ft (175 m)
120/240 VAC, Split Phase	435 ft (13 m)	75 ft (22.9 m)	360 ft (110 m)	----------
120/208 VAC, 3 Phase	550 ft (168 m)	75 ft (22.9 m)	----------	475 ft (145 m)
120/208 VAC, 3 Phase	375 ft (114 m)	75 ft (22.9 m)	300 ft (91 m)	----------

Tablo 1.2: AC alternatörler için kablo uzunlukları

Resim 1.3:Türbin direği kablo bağlantısı

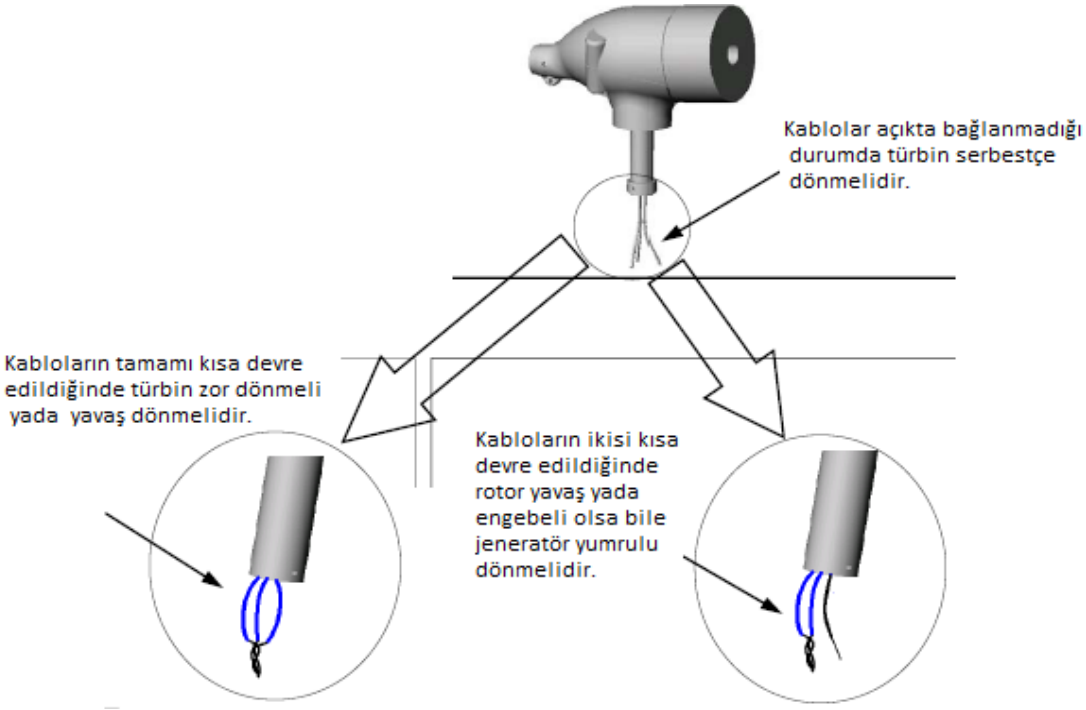
Resim 1.4: Türbinin jeneratör kablo bağlantısı

1.6. Türbin Sağa Sola Dönüş Kontrollerini Yapmak

Türbin dönüş kontrolleri yapmak için ölçü aleti kullanılır.

Resim 1.5: Türbinin dönüş yönü testi

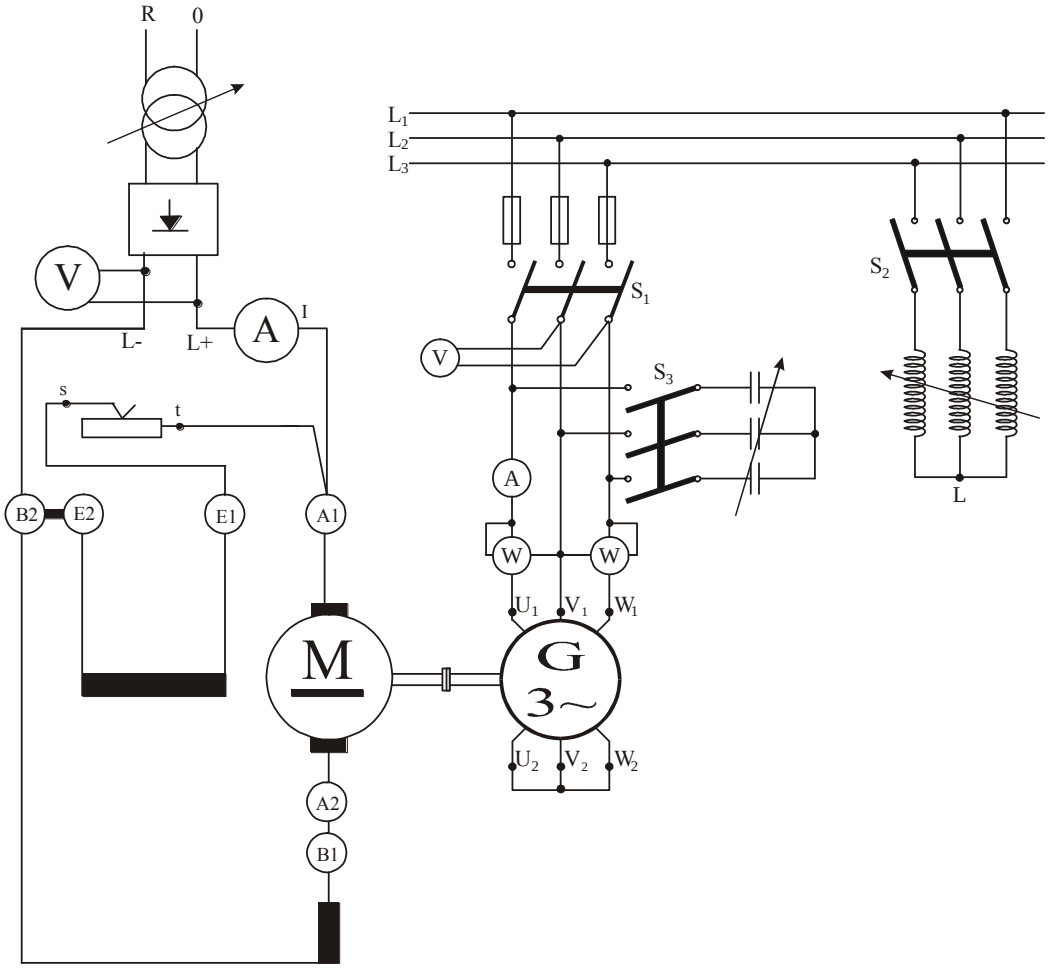
Toprak ile ölçüm yapıldığında direnç 10,000 ohm'u aşmak zorundadır.



Resim 1.6: Türbinin kablo güvenliği

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki asenkron jeneratör bağlantı şemasına göre deneyi yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Deney bağlantısını uygun bir şekilde kurunuz.	➢ İş eldiveni ve önlük kullanınız.
➢ Jeneratör olarak çalışmanın başlangıç koşullarını yerine getiriniz	➢ Gerekli elektrik önlemlerini alınız.

➢ DA motoru ile asenkron generatörün devir sayısını senkron devre kadar çıkartınız.	➢ Motor ve jenaratör miline dikkat ediniz.
➢ Kendinden uyartımlı DA dinamolarında olduğu gibi rotor dönerken asenkron makinenin artık mıknatisiyetinden dolayı stator sargı uçlarında az da olsa bir gerilimin okunması gerekir.	➢ Gerilimin okunmasına dikkat ediniz.
➢ Şebeke tarafından sağlanan mıknatıslama akımının kondansatörler yardımı ile sağlanması için 3 numaralı şalteri kapatarak generatörün uçlarına kondansatörler bağlayınız. Böylece gerekli olan mıknatıslama akımı (Iμ) kondansetörler tarafından sağlanmış olur. 1 numaralı şalter kapatılarak asenkron generatör artık paralel çalıştığı şebekeye elekrik enerjisi vermeye başlar.	
➢ 2 numaralı şalteri kapatarak generatörü kademe kademe yükleyerek ölçü aletlerinde okuduğunuz değerleri gözlemler tablosuna yazınız. ➢	➢ Kullandığınız gereçlerin gerekli bakımlarını yapmayı unutmayınız.
➢ Doğru akım motorunun enerjisini keserek deneye son veriniz.	➢ Çalışma sonlarında çalışma ortamınızın tertip düzen ve temizliğini sağlayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Deney bağlantısını uygun bir şekilde kurdunuz mu?		
2. Jeneratör olarak çalışmanın başlangıç koşullarını yerine getirdiniz mi		
3. DA motoru ile asenkron generatörün devir sayısını senkron devre kadar çıkardınız mı?		
4. Kendinden uyartımlı DA dinamolarında olduğu gibi rotor dönerken asenkron makinenin artık mıknatısiyetinden dolayı stator sargı uçlarında az da olsa bir gerilim okudunuz mu?		
5. Asenkron jeneratör artık paralel çalıştığı şebekeye elekrik enerjisi vermeye başladı mı?		
6. Jeneratörü kademe kademe yükleyerek ölçü aletlerinde okuduğunuz değerleri gözlemler tablosuna yazdınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. 20 kw ve üstü güçlerde …….. jeneratörler kullanılmaktadır.
2. Tahrik motoru önce asenkron motoru yükleyecek şekilde ……. edilir ve bu durumda asenkron motor yüklenmiş olarak 0<s<1 durumunda çalışmaktadır.
3. Tahrik motorunu hızlandırarak rotor devrini n_1 devrin üzerine çıkartıldığında bu çalışma durumunda kayma …… olur.
4. Asenkron makinenin …… devir üstünde tahrik edilmesiyle bağlı bulunduğu şebekeye enerji verebilir.
5. Türbin bağlantısı için iki farklı yöntem kullanılmasının en büyük nedeni ……..bağlantılarının büyük güçlü türbinlerde yerde yapılmasının zorluğudur.
6. DC jeneratör bağlantılarında kablo renkleri pozitif (+) uç için ..... renk, negatif (-) uç için siyah renk, toprak ucu için yeşil renk kullanılır.
7. Toprak ile ölçüm yapıldığında direnç …… ohm'u aşmak zorundadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Araç gereçleri kullanarak kanatları ve burnu türbine bağlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Küçük ölçekli rüzgâr türbin kanatları nelerdir? Araştırınız.

2. KANATLARI VE BURNU TÜRBİNE BAĞLAMA

Türbinin kuleye bağlantısı yapıldıktan sonra kanatlar türbüne bağlanır. Kanatların sayısı ve türbin tipi bağlantının yapılmasını etkileyen önemli faktörlerdir.

2.1. Kanat ve Çeşitleri

Resim 2.1: Darrius tipi kanat

Kule tipine göre kanat türü ve sayısı değişmektedir. Genellikle yatay türbinler kullanılmakta ve montajı yapılmaktadır. Yine de türbinin kullanım amacına göre ve kullanılacak yerin rüzgâr potansiyeline göre kanat sayısı değişmektedir.

Resim 2.2: Üç kanatlı türbin

Resim 2.3: İki kanatlı türbin

2.2. Kanat Hesabı

Rüzgâr hızı değişkenlik gösterdiği için bir yörede kullanılacak rüzgâr türbini, kullanım amacına uygun olarak seçilmelidir. Bu nedenle şartlara en iyi uyan rüzgâr türbin seçimi optimizasyon ile yapılmalıdır.

$$\lambda = \frac{V_{dönme}}{V_{rüzgar}} = \frac{R\,\dfrac{2\pi n}{60}}{V_{rüzgar}}$$

Burada :

λ :Uç hız oranı (Devirlilik sayısı)

$V_{Dönme}$:Kanat ucundaki çevresel hız

$V_{rüzgar}$:Rüzgar hızı

n :Devir sayısı

R :Yarı Çap

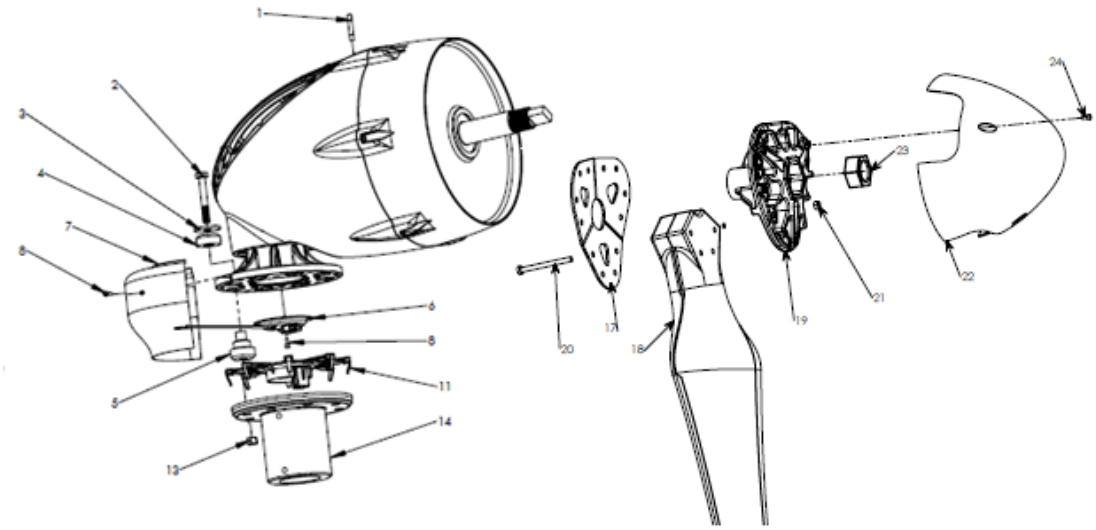
Rotor devir sayısının rüzgâr hızına bölünmesi ile elde edilen orana, kanat uç hız oranı (λ) denir. Bu bulunan "λ" değeri türbin seçiminin önemli kriterini oluşturmaktadır. Uç hız oranlarına göre kullanılması gereken türbin çesitleri Tablo 1'de verilmiştir.

Kanat Uç Hız Oranı (λ)	Kullanılacak Türbin
0-2	Savonius rotoru
0,5-5	Çok kanatlı rotor
2-7	Darrieus rotoru
2-8	Üç kanatlı rotor
5-10	İki kanatlı rotor
8-14	Tek kanatlı rotor

Tablo 2.1: Kanat uç hız oranına göre türbin çeşitlei

2.3. Türbin Gövdesinin Sabitlenmesi

Rota (yaw) elemanı üzerine titreşim izolatörleri kurulur. İzolatörlerin yönlendirilmesi çok önemlidir. Titreşim izolasyon cıvataları ve tersleyici rondelalar titreşim izolatörleri içine yerleştirilir. Bir kaldırma cihazı kullanarak türbin kaldırılır ve kule flanşındaki deliklerle titreşim izolasyon cıvataları hızalanır. Türbinin güvenli bir şekilde montajı için cıvataların somunları kurulur ve türbin topraklama kablo bağlantısı yapılır. Soket baş vidaları kullanarak rota(yaw) elemanı koruması monte edilir.



Şekil 2.1: Rüzgâr türbin parçaları

#	DESCRIPTION	QTY.
1	RF Anten	1
2	M12 x 1.75 x 90mm Civata Kalite 10.9	8
3	Tersleyici Rondela	8
4, 5	Titreşim İzolasyon Halkası (4) ve Burcu (5)	8
6	Gerginlik Giderme Kapak Montajı	1
7	Rota (yaw) Kalkanı	2
8	M5 x 12mm Soket Baş Vidası	8
11	Skylevel Regülatör	1
13	M12 x 1.75 Somun Kalite 10.9	8
14	5" Kule Eklemi (opsiyonel)	1
17	Kanat Levhası	1
18	Kanat	3
19	Kanat Göbeği	1
20	AltıgenBaşlı Civata, M10, kalite 10.9	24
21	Altıgen Somun , M10, kalite 10.9	12
22	Burun koni	1
23	Göbek Tutma Somunu kalite 10.9	1
24	M6 x 1 x 12mm Civata SHCS kalite8.8	3

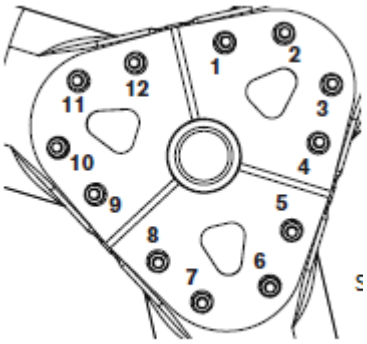
Tablo 2.2: Rüzgâr türbin parçaları

2.4. Kanat Bağlantı Yönlerinin Belirlenmesi

Türbinin çalışması saat ibresi dönüş yönünde olacak şekilde kanat açıları belirlenir. Montajı yapılacak kanatların tamamının açılarının aynı yönde olması zorunludur. Her bir kanadın döndüme kuvveti aynı yönde olmalıdır.

2.5. Kanat Bağlantılarının Yapılması

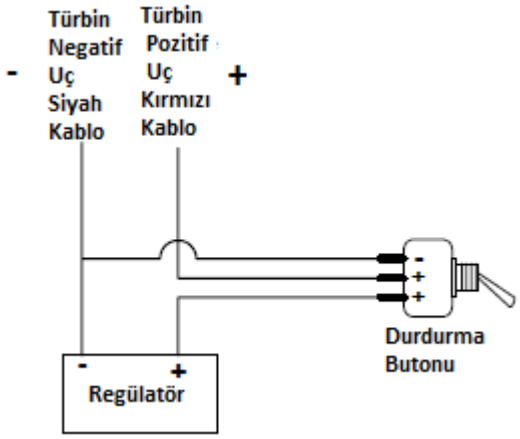
Türbinin güvenli çalışması için kanat bağlantılarının uygun biçimde yapılması kritik derecede öneme sahiptir. Kanat cıvataları ve somunları tek bir kalite çeliktir ve özellikle korozyonu önlemek için kaplanmıştır. Farklı cıvata ve somun kullanılmaz. Kanat göbeği ve kanat plakası arasında kanatın konumlandırılmasıyla montaja başlanır. Kanatlar, kanat kökünün bir yanına doğru üçgen göbek döküm nedeniyle sadece bir konumda kurulabilir. Cıvataları jeneratör yuvasından (nacelle) dışarı doğru ve kanat plakasının içinden geçirerek kurunuz. Tüm kanatlar kuruluncaya kadar somunları açık bırakınız ve bu takdirde göbekle plaka arasındaki kanatları kenetlemek için yeterince sıkınız. Kanatlar göbeğe monte edilmiştir ve türbin rotor miline kurulmak için hazırdır. Göbek ile şaft arasında korozyonu önleme için kanat göbeğini çapı kadar lityum gresle kaplayınız. Kanat göbek merkezindeki göbek cıvatasını konumlandırınız ve şaft üzerindeki tüm göbek / kanat montajını itiniz ve şaft üzerindeki göbeği vidalamak için tüm montajı döndürünüz. Kanatları tutarak kanat göbek montajını sıkınız ve rotor şaftı üzerindeki daireleri kullanınız.



Şekil 2.2: Kanat cıvata sıkıştırma sırası

2.6. Kanatların Kaldırılmadan Önce Sabitlenmesi

Türbin kaldırılmadan önce türbinin frenlenmesi gerekir. Türbinin frenlenmesi suretiyle kanatların sabitlenmesi işlemi gerçekleştirilmiş olur. Bunun için bir durdurma butonu kullanılır.



Şekil 2.3.Türbin frenleme devresi

Buton sayesinde türbin uçları birbiriyle kısa devre edilir ve türbinin frenlenmesi sağlanır.

2.7. Türbin Burnunun Bağlantısının Yapılması

Kanat ve göbek merkezinin tam üstüne türbin burnu dikkatli biçimde yerleştirilir ve yerine oturtulur. Üç kenarın tamamının yakalandığından emin olunmalıdır. Türbin burnu güvenliyse sıkı biçimde üzerine bastırılır.

Yüksek rüzgâr veya yüksek türbülans olan yerlerde türbin burnunu kurmamanız tavsiye edilir. Türbin burnu estetiktir ve türbin veriminizi arttırmaz. Türbin burnu çok yüksek hızlı rüzgârlarda kopabilir ve kanatlara zarar verebilir. Türbin burnunu takmamak performansı azaltmadan güvenilirliği arttıracaktır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Kanatları ve burnu türbine bağlama işlemini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Kanat tipine karar veriniz.	➢ İş eldiveni ve önlük kullanınız.
➢ Kanat hesabı yapınız.	➢ Gerekli el aletlerini temin ediniz.
➢ Türbin gövdesi sabitleyiniz.	➢ Türbin gövdesi yanında kimsenin bulunmaması temin edilir
➢ Kanat bağlıntıları yapınız.	➢ İş ile ilgili güvenlik tedbirlerini alınız.
➢ Kanatlar kaldırılmadan önce sabitleyiniz.	➢ Durdurma butonu kontrolünü yapınız.
➢ Türbin burnunun bağlantısını yapınız.	➢ Çalışma sonlarında çalışma ortamınızın tertip düzen ve temizliğini sağlayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kanat tipine karar verdiniz mi?		
2. Kanat hesabı yaptınız mı?		
3. Türbin gövdesini sabitlediniz mi?		
4. Kanat bağlantılarını yaptınız mı?		
5. Kanatları kaldırılmadan önce sabitlediniz mi?		
6. Türbin burnunun bağlantısını yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Türbinin kullanım amacına göre ve kullanılacak yerin rüzgâr .....göre kanat sayısı değişmektedir.
2. Rotor devir sayısının rüzgâr ..... bölünmesi ile elde edilen orana kanat uç hız oranı (λ) denir.
3. Rota (yaw) elemanı üzerine titreşim …….. kurulur.
4. Türbinin frenlenmesi suretiyle kanatların sabitlenmesi işlemi gerçekleştirlmiş olur. Bunun için bir …… butonu kullanılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Küçük rüzgâr türbininin yönlendirme parçasını bağlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Küçük rüzgâr türbinine monte edilen yönlendirme parçaları nelerdir? Araştırınız.

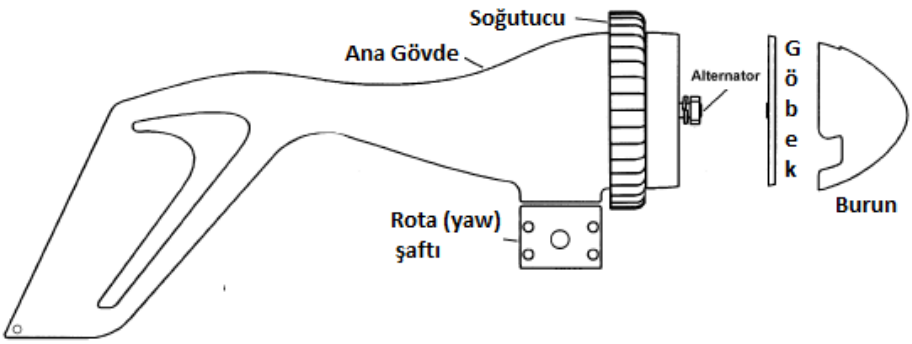
3. YÖNLENDİRME PARÇASINI TÜRBİNE BAĞLAMA

Yönlendirme parçasının türbin ana gövdesine yekpare olduğu gibi ayrıca montaj gerektiren tipleri de mevcuttur.

Resim 3.1: Montaj gerektiren yönlendirme parçası

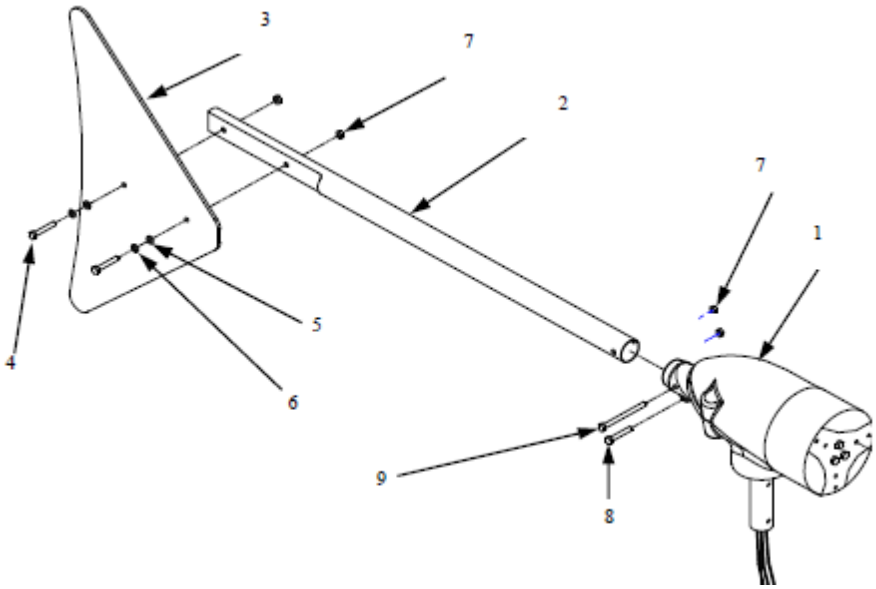
3.1. Türbin Yönlendirme Parçası ve Çeşitleri

Rüzgâra karşı türbinin dik konumda bulunması ve verimli çalışabilmesi için yön değiştiren rüzgârın takip edilmesini sağlayan parça türbin yönlendirme parçasıdır. Jeneratörün muhafaza edildiği ana gövde ile yekpare üretilmiş tipi aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.1: Yekpare tip yönlendirme parçası

Jeneratör ile aynı eksende bulunan kuyruk sapı aracılığıyla bağlantısı sağlanan yönlendirme parçası, aşağıda verilen rüzgâr türbininde tabloda verilen montaj elemanlarıyla bağlanarak rüzgâr türbininin hakim rüzgâr yönünü ve ani yön değişimlerinin takip edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.2: Demonte tip yönlendirme parçası

Cihaz No	Tanımı	Sayısı
1	Monteli Jeneratör	1
2	Kuyruk Sapı	1
3	Kuyruk Yüzgeci	1
4	Civatalar ;, M8 x 55	2
5	Naylon Rondela, M8 X 31	2
6	SSTL Rondela ;, M8 x 24	2
7	Nylock Somun , M8	4
8	Civata M8 x 25	1
9	Civata , M8 x 70	1

Tablo 3.1: Yönlendirme parçaları

3.2. Türbin Yönlendirme Parçasını Yerine Yerleştirme

Türbin yönlendirme parçası kule kaldırılıp türbin çalıştırılmaya başlamadan hemen önce monte edilir. Aşırı rüzgâr oluştuğunda türbinin devreden çıkarılması için türbin yönlendirme parçasının jeneratör ekseninden kaydırılması gerekmektedir. Bunun için de yönlendirme parçasının elle kumandalı tipleri mevcuttur.

3.2.1. Türbin Yönlendirme Parçasının Bağlantısını Yapma

Türbin yönlendirme parçasının aşırı rüzgârda türbinin frenlenmesi ve devreden çıkarılması amacıyla kullanılan tipleri mevcuttur. Bu tip yönlendirme parçalarının ıstaka yardımıyla yerden kumanda edilebilmesine olanak taşıyan montaj tipleri görülmektedir. Bunun yanı sıra aşırı rüzgâr karşısında yaylı sistemi sayesinde kuyruk açısını hakim rüzgâr yönünden ayıran ve böylece frenlemeye yardımcı olan kuyruk tipleri de 2 Kw gücündeki türbinlerde kullanılmaktadır.

3.2.2. Türbin Yönlendirme Parçasının Hareket Testini Yapma

Dürbün kullanılmalıdır. Herhangi bir gürültü, takırdama veya titreşim olmamalıdır. Kanatlar ve yönlendirme parçası yalpalamamalıdır. Kontrol ve bakım için kule indirilir, tırmanılır veya kuleye tırmanılır. Kule direği üzerinde elle hissedilen bir titreme veya kulakla duyulan herhangi bir uğultu olmamalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Türbin yönlendirme parçası birleştirme işlemlerini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Türbine uygun yönlendirme parçası tipini seçiniz.	➢ İş eldiveni ve önlük kullanınız.
➢ Yönlendirme aparatlarını temin ediniz	➢ Parçaları kontrol ediniz.
➢ Türbin yönlendirme parçasının bağlantısını yapınız.	➢ Teknik resim kurallarını uygulayınız.
➢ Türbin yönlendirme parçasının hareket testini yapınız	➢ Test işleminde dikkatli davranınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
➢ Türbine uygun yönlendirme parçası tipini seçtiniz mi?		
➢ Yönlendirme aparatlarını temin etiniz mi?		
➢ Türbin yönlendirme parçasının bağlantısını yaptınız mı?		
➢ Türbin yönlendirme parçasının hareket testini yaptınız mı		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Aşırı rüzgâr oluştuğunda türbinin devreden çıkarılması için türbin…… parçasının jeneratör ekseninden kaydırılması gerekmektedir.
2. Türbin yönlendirme parçasının aşırı rüzgârda türbinin ..... ve devreden çıkarılması amacıyla kullanılan tipleri mevcuttur.
3. Aşırı rüzgâr karşısında yaylı sistemi sayesinde kuyruk açısını hakim rüzgâr yönünden ayıran ve böylece frenlemeye yardımcı olan kuyruk tipleri de ..... Kw gücündeki türbinlerde kullanılmaktadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında gerekli ekipmanlar ile türbin direği topraklamasını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Rüzgâr türbinlerinde kullanılan topraklama elemanlarını inceleyiniz
- İnsan için tehlikeli olan alternatif doğru gerilimin değerini araştırınız.

4. DİREKLERİN TOPRAKLAMASI

4.1. Topraklamanın Tanımı

Enerji üretim, iletim ve dağıtım şebekelerinde insan hayatı ve bazı aygıtların korunması bakımından yapılan en etkili önlemlerden biri de "topraklama"dır. Bu arada sıfırlama, küçük gerilimlerde çalışma veya benzeri uygulamalarda güvenliğin sağlanması bakımından karşılaşılabilecek durumlar olduğu dikkate alınmalıdır.

Topraklama, işletme akım devresinin bir noktasının veya bir tesisisin akım taşımayan iletken kısımları ile toprak arasında iletken bir bağlantı kurmak olarak tanımlanabilir.

4.2. Topraklama Hesabı

4.2.1. Özgül Toprak Direnci

Toprağın elektriksel öz direncidir. Bu direnç genellikle $\Omega\ m^2/m$ ya da Ω m olarak verilir. Bu direnç kenar uzunluğu 1 metre olan bir küpün karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dirençtir.

1	2	3	4	5	6	7
Toprağın Cinsi	**Bataklık**	**Killi Toprak Ekili Arazi**	**Nemli Kum**	**Nemli Çakıl**	**Kuru Kum ve Kuru Çakıl**	**Taşlı Zemin**
Özgül Toprak direnci ρ	**30**	**100**	**200**	**500**	**1000**	**3000**

Tablo 4.1: Özgül toprak direnci ortalama değeri

4.2.2. Topraklayıcının veya Topraklama Tesisinin Yayılma Direnci (RE)

Bir topraklayıcı ya da topraklama tesisi ile referans toprağı arasındaki toprağın direncidir. Yayılma direnci yaklaşık olarak omik direnç kabul edilebilir.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Topraklayıcının Cinsi	**Şerit ya da Örgülü İletken (Uzunluk)**				**Çubuk ya da Boru (Uzunluk)**				**Düşey Levha, Üst Kenarı Im Toprak Altında (Boyutlar)**	
Yayılma Direnci (Ohm)	**10 m**	**25 m**	**50 m**	**100 m**	**1 m**	**2 m**	**3 m**	**5 m**	**0,5 m x İm**	**lmx İm**
	20	**10**	**5**	**3**	**70**	**40**	**30**	**20**	**35**	**25**
Başka özgül toprak dirençleri (ρ) için yayılma dirençleri bu çizelgede verilen yayılma dirençleri ρ /ρ1= ρ/100 kat sayısı ile çarpılarak bulunur.										

Tablo 4.2: Özgül direnci 100 Ω.m olan toprak için yayılma direnci

4.2.3. Topraklama Direnci

Topraklayıcının yayılma direnci ile topraklama iletkeninin direncinin toplamıdır.

4.2.4. Toplam Topraklama Direnci

Bir yerde ölçülebilen ve ölçüye giren bütün topraklamaların toplam direncidir.

4.2.5. Topraklama Empedansı (ZE)

Bir topraklama tesisi ile referans toprağı arasındaki (işletme frekansında) alternatif akım direncidir. Bu empedansın mutlak değeri, topraklayıcıların yayılma dirençleri ile toprak iletkenleri topraklayıcı etkisi olan kablolar gibi zincir etkili iletken empedanslarının paralel bağlanması ile elde edilir.

4.2.6. Darbe Topraklama Direnci

Bir topraklama tesisinin herhangi bir noktası ile referans toprağı arasında yıldırım akımlarının geçmesi sırasında etkili olan dirençtir.

4.3. Topraklama Elemanlarını Seçmek

Topraklama tesislerinin yapımında topraklayıcılar (topraklama elektrodu), topraklama iletkenleri ve bağlantı parçaları kullanılır.

4.3.1. Elektrot

Topraklayıcı (topraklama elektrodu): Toprağa gömülü ve toprakla iletken bir bağlantısı olan veya beton içine gömülü, geniş yüzeyli bağlantısı olan iletken parçalarıdır.

Topraklayıcı olarak aşağıdaki malzemeler kullanılabilir:

- Şerit veya örgülü iletken topraklayıcı
- Çubuk topraklayıcı veya boru topraklayıcı
- Levha topraklayıcı

4.3.1.1. Şerit Topraklayıcı

Şerit, yuvarlak iletken ya da örgülü iletkenden yapılan ve genellikle derine gömülmeyen topraklayıcılardır. Bunlar uzunlamasına döşenebileceği gibi yıldız, halka, gözlü topraklayıcı ya da bunların bazılarının bir arada kullanıldığı biçimde düzenlenebilir. Zemin koşulları elverişli ise şerit topraklayıcılar genel olarak 0,5 ila 1 m derinliğe gömülmelidir. Bu arada yayılma direncinin üst zemin tabakasının nemine bağlılığı ve donma olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır. Şerit topraklayıcıların uzunluğu istenen yayılma direncine göre bulunur.

Resim 4.1: Şerit topraklayıcı

4.3.1.2. Derin (Çubuk) Topraklayıcı

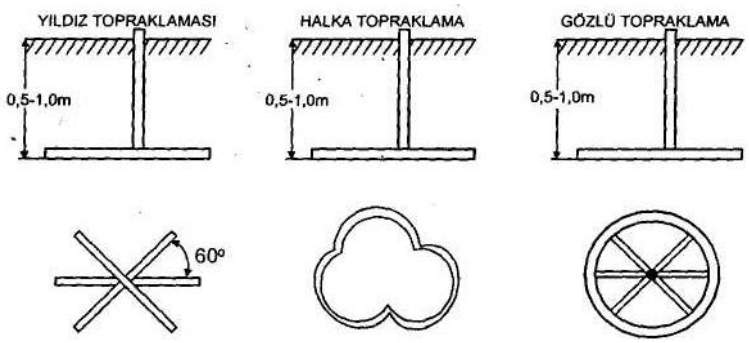
Boru ya da profil çelikten yapılan ve toprağa çakılarak kullanılan topraklayıcılardır. Çubuk topraklayıcılar yere olabildiğince dik olarak çakılmalıdır. İstenen küçük yayılma direncinin sağlanabilmesi için birden çok çubuk topraklayıcının kullanılması gerekiyorsa, bunlar arasındaki açıklık en az bir topraklayıcı boyunun iki katı olmalıdır. Toprağın üst tabakasının kuruması ve donması gibi nedenlerle paralel bağlı çubuk topraklayıcılar bütün uzunlukları boyunca etkili olmadıklarından bunlar arasındaki uzaklık bir topraklayıcının etkili boyunun en az iki katı olmalıdır.

Resim 4.2: Çubuk topraklayıcı

4.3.1.3. Levha Topraklayıcı

Dolu ya da delikli levhalardan yapılan topraklayıcılardır. Bunlar genel olarak diğer topraklayıcılara göre daha derine gömülür. Levha topraklayıcılar zemine dikey olarak gömülmelidir. Bunların boyutları gerekli yayılma direncine göre seçilir. Topraklama tesislerinde genel olarak l m x 0,5 m ile 0,7 m x 0,7 m'lik bakır levhalar kullanılır. Levhanın üst kenarı toprak yüzeyinden en az 1 m aşağıda olmalıdır. Küçük bir yayılma direnci elde etmek için birden çok levha topraklayıcı kullanılması gerektiğinde bunlar arasındaki açıklık en az 3 m olmalıdır.

Aynı yayılma direncini sağlamak için şerit ve çubuk topraklayıcılar yerine levha topraklayıcı kullanıldığında bunlara oranla daha fazla gereç kullanılmalıdır.



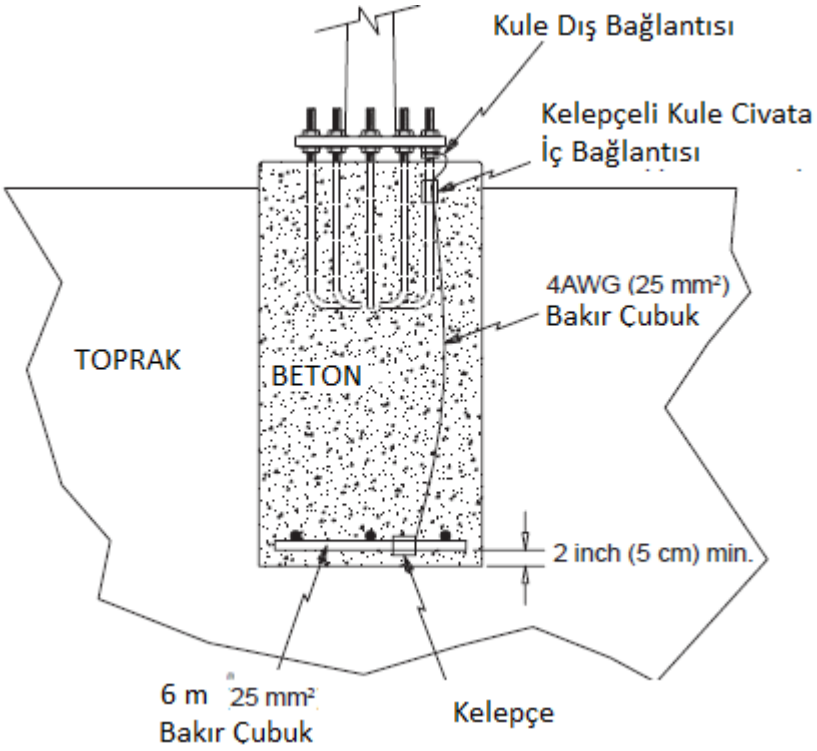
Şekil 4.1: Topraklama tipleri

4.4. Temel Topraklamasını Yapma

Temel içine yerleştirilmiş topraklayıcı beton içine gömülerek toprakla geniş yüzeyli olarak temas etmesi sağlanır. Bu şekilde yapılan topraklamaya temel topraklama denir. Temel topraklama, potansiyel dengelemesinin etkisini arttırır.

Temel topraklaması kuvvetli akım tesislerinde ve yıldırıma karşı koruma tesislerinde topraklayıcı olarak uygundur. Bu topraklama, yapı bağlantı kutusunun arkasındaki elektrik tesisinin veya buna eş değer bir tesisin ana bölümüdür.

- Temel topraklayıcı kapalı bir ring şeklinde yapılmalıdır ve temel platformu içine yerleştirilmelidir
- Temel topraklayıcı, her tarafı betonla kaplanacak şekilde düzenlenmelidir. Çelik şerit topraklayıcı kullanıldığında bu şerit dik olarak yerleştirilmelidir.
- Son noktalar temelin dışına çıkarılmalı ve yeterince esnek bağlantı yapılmalıdır. Bağlantı yerleri her zaman kontrol edilebilir olmalıdır.
- Temel topraklaması için en küçük kesiti 30 mm x 3,5 mm olan çelik şerit veya en küçük çapı 10 mm olan yuvarlak çelik çubuk kullanılmalıdır. Çelik, çinko kaplı olabilir veya olmayabilir. Bağlantı filizleri çinko kaplı çelikten yapılmış olmalıdır. Bağlantı kısımları korozyona dayanıklı çelikten olmalıdır.
- Çelik hasırlı olmayan temel içinde yerleştirme için temel topraklayıcı, temel betonu döküldükten sonra her yönde en az 5 cm beton içinde kalacak şekilde yerleştirilmelidir. Topraklayıcının beton içindeki yerini sabitlemek için uygun mesafe tutucular kullanılmalıdır.
- Çelik hasırlı temel ve su yalıtım malzemesi içinde yerleştirme için temel topraklayıcı, en alt sıradaki çelik hasır üzerine yerleştirilmeli ve yerini sabitlemek için yaklaşık 2 m'lik aralıklarla çelik hasırla bağlanmalıdır.



Şekil 4.2: Temel topraklama

4.5. Elektrik Tesisinin Topraklama ve Yalıtkanlık Direncini Ölçme

4.5.1. Toprak ve Yalıtkanlık Direnci Ölçen Aletler

Büyük yalıtkanlık dirençlerinin ölçülmesinde pilli ohmmetreler kullanışlı değildir. Çünkü pilin emk'i çok küçük, yalıtkan dirençlerinin değeri ise çok büyük olduğundan aletten yeteri derecede akım geçmez. Bunun için yalıtkanlık dirençlerinin ölçülmesinde üreteç olarak el manyetosu kullanılır (Günümüzde bu tip megerler yerine manyetosuz dijital megerler de kullanılmaktadır.). Bunlar genel olarak 100, 250, 500, 625, 1000, 1250, 2500 ve 5000 volt üreten doğru akım üreteçleridir. Yalıtkanlık deneyi, ne kadar yüksek gerilimle yapılırsa alınacak güvenlik tertibatları da o kadar iyi olur.

Yalıtkanlık direncini doğrudan doğruya ölçen ölçü aletlerine "meğer" denir. Bunlar esas itibariyle özel tipte imal edilmiş portatif ohmmetrelerdir.

4.5.1.1. Çeşitleri ve Yapıları

Yüksek yalıtkanlık dirençlerinin direkt olarak ölçülmesinde çeşitli tip megerler kullanılmakla beraber, burada pratikte çok kullanılan iki meger tipi açıklanacaktır.

- Mıknatıs göstergeli megerler
- Çapraz bobinli megerler

Bunların her iki tipinde de bilhassa generator (manyeto) kısmında ufak tefek değişiklik olmakla beraber, prensipler hep aynı sadece ölçü aletleri kısmı farklıdır. Bu generatörlerde manyeto kolunun çevrilmesi ile indüksiyon bobininde meydana gelen gerilimle, ölçü aleti kısmı ve ölçülecek direnç beslenir. Megerlerin manyeto kolları elle çevrildiği gibi motorla çevrilen tipleri de vardır.

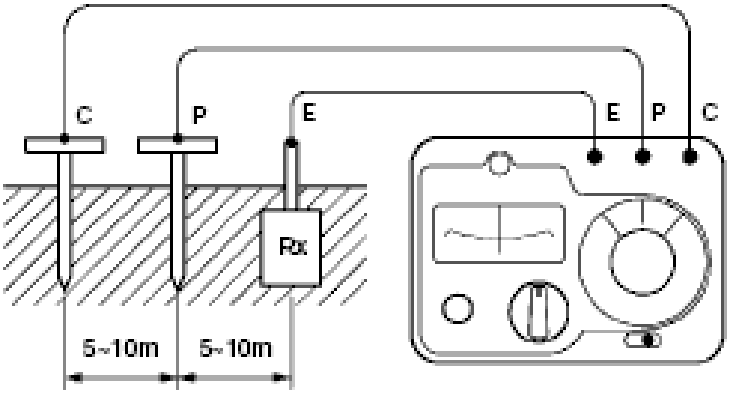
4.5.2. Topraklama Direncini Ölçme

4.5.2.1. Tanımı

Topraklayıcının yayılma direnci ile topraklama iletkeninin direncinin toplamıdır.

4.5.2.2. Topraklama Direnç Ölçme Düzeneğini Kurma

Ölçme düzeneği için şekilden faydalanabiliriz. Ölçü aletinin çubukları topraklama elektroduna onar metre aralık olacak şekilde toprağa çakılır (Bu ölçmede dijital meger kullanılmıştır.).



Şekil 4.3: Topraklama direnç ölçümü bağlantısı

4.5.2.3. Topraklama Direnç Ölçme İşlem Sırası

- Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi bağlantıyı yapınız.
- 2/3 elektrot metot düğmesini 3 elektrotlu ölçüm konumuna getiriniz.
- Topraklama gerilimi aralığı içinde topraklama gerilimini kontrol ediniz.
- Yardımcı topraklama direnci değerlerini yardımcı topraklama direnci aralığı içinde C ve P için kontrol ediniz.
- Uygun direnç aralığını kullanarak ölçümü gerçekleştiriniz.

Ölçüm düğmesine basılı tutarken direnç kadran düğmesini çeviriniz ve galvanometre dengeye geldiğinde direnç değerini okuyunuz.

4.5.2.4. Topraklama Direnç Ölçümünde Dikkat Edilecek Hususlar

Topraklayıcı ile ölçü aleti uçları arasındaki mesafe Şekil 3.1'de gösterildiği gibi 10 metre aralıklarladır. Ölçüm işlemi gerçekleştirilirken buna dikkat etmek gerekmektedir. Çubukları çakacağımız yerler ölçme işleme yapmadan ıslatılmalıdır. Kablolar bağlantı maşalarından iyi bir şekilde tutturulmalıdır.

4.5.3. Yalıtkanlık Direncini Ölçme

4.5.3.1. Yalıtkan Direnç Tanımı

Elektrikle çalışan tüm cihazlar, akım kaynaklarından ne kadar uzakta olurlarsa olsunlar, bunların birbirine olan irtibatlarını iletken teller yapar. Enerjinin cihazlara iletimi sırasında bu iletken teller içinden geçen akım, bazı sebeplerden başka yollara sapar. Bu durumda cihazlar normal çalışmaz, çalışsalar dahi insanlar için ciddi tehlikeler yaratabilir. İletken içinden geçen akımın başka yollara sapmaması, istediğimiz cihazlardan veya istenen yerlerden geçebilmesi için bu teller kullanma yerlerine göre yalıtılır. Örneğin kablolarda; plastik, lastik, kâğıt, bobinaj tellerinde pamuk veya vernik, havaî hatlarda; cam veya porselen izolatör gibi yalıtkanlar kullanılır. İşte, yalıtkan maddelerin elektrik akımına karşı gösterdikleri bu dirence "yalıtkanlık direnci" denir. Yalıtkanlık direncine yalıtım direnci veya izolasyon direnci de denmektedir.

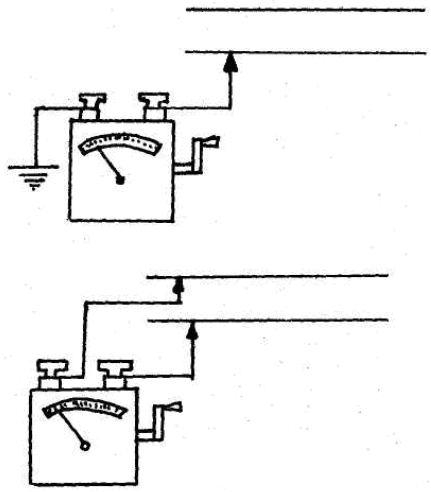
4.5.3.2. Yalıtkanlık Direnci Ölçüm Çeşitleri

Yalıtkanlık direncinin ölçümü iki şekilde yapılır:

- Her iletkenin toprağa karşı yalıtımı
- İletkenlerin birbirine karşı yalıtkanlığı

4.5.3.3. Yalıtkanlık Direnç Sınır Değeri

Yalıtkanlık direncinin değeri şebeke geriliminin 1000 katından küçük olmamalıdır yani 110 voltluk bir şebekede 110.000 Ω, 220 voltluk bir şebekede 220.000 Ω'dan yüksek yalıtkanlık direnç değeri olmalıdır.



Şekil 4.4: Yalıtkanlık direnci ölçüm bağlantısı

4.5.3.4. Yalıtkanlık Direnç Ölçme Düzeneğini Kurma

Ölçme düzeneği kurulurken iletkenlerin toprağa karşı yalıtkanlığı ölçülecekse megerin bir ucu toprağa diğer ucu da iletkene bağlanır. İletkenlerin birbirine karşı yalıtkanlığı ölçülürken ise şekilde görüldüğü gibi montaj gerçekleştirilir.

4.5.3.5. Yalıtkanlık Direnç Ölçme İşlem Sırası

- Yapılmış tesisatın anahtarlarını kapatınız. Bu durumda devrede hiçbir alıcı olmamalıdır.
- Megerin bir ucunu toprağa diğer ucunu tesisat iletkenlerinin birine bağlayınız.
- Direnç değerini ölçü aletinden okuyunuz.
- Aynı işi tesisatın diğer iletkenleri için de yapınız.

Bu ana kadar tesisat iletkenlerinin toprağa karşı yalıtma direncini ölçtünüz. İletkenlerin birbirine karşı yalıtkanlığını ölçmek için

- Meğerin her iki ucunu tesisatın iki iletkenine bağlayınız.
- Direnç değerini meger üzerinden okuyunuz.

Ölçülen direnç değeri gereken değerden küçükse tesisat bozuktur.

4.5.3.6. Yalıtkanlık Direnç Ölçümünde Dikkat Edilecek Hususlar

Yalıtkanlık direnci ölçülürken aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulur:

- Linye sigorta buşon ve kapakları çıkarılır.
- Bütün almaçlar devreden çıkarılır.
- Bütün anahtarlar kapatılır (Alıcılar devre dışı).

4.6. Binalar ve Direklerde Paratoner Sistemi Montaj ve Bağlantılarını Yapma

4.6.1. Tanımı ve Görevi

Yıldırımın zararsız olarak toprağa iletilmesinde paratoner tesislerinden yararlanılır. Elektrikli boşalmaların en az dirençli yoldan çevresine zarar vermeden toprağa iletilmesi bu tesislerin yapım amacıdır.

4.6.2. Yapıldığı Yerler

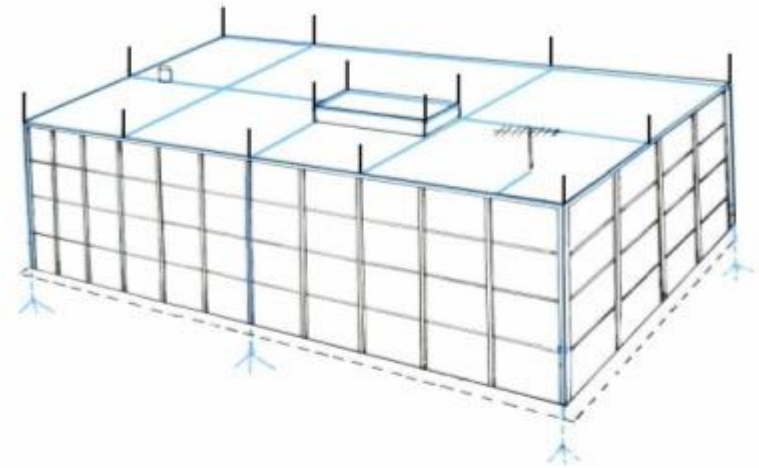
Yıldırımın oluşumunu hızlandıran etkenlerin başında rüzgâr türbinleri, bayrak direkleri, kuleler, yüksek binalar, (TV, telsiz, GSM, radyo vericileri) anten direkleri, trafo tesisleri vs. sayılabilir. Bunlara ilave olarak askerî tesisler, cami ve minareler, okullar, hapishaneler, hastaneler, stadyumlar, gaz dolum tesisleri, petrol ofisleri, rafineriler, havaalanları, köprüler, fabrikalar, depolar ve tüm binalarda paratoner ve topraklama tesisleri yapılması mecburidir.

4.6.3. Çeşitleri

Gelen bir yıldırımın etkisine karşı binalar üç şekilde korunabilir.

4.6.3.1. Faraday Kafesi

Faraday kafesi ile korunması istenen bina en yüksek yerlerinden toprağa kadar devamlı ve kesiksiz iletkenlerle (yatay ve düşey) sarılmaktadır. Faraday kafesi yönteminin yeterli olması için korunacak cismin birçok yerinden paket bağlar gibi iletken tellerle sarılması gerekmektedir.



Şekil 4.5: Faraday kafesi

4.6.3.2. Franklin Çubuğu

Franklin çubuğu korunacak yerin en yüksek noktasına sivri bir çubuk yerleştirme prensibine dayanan koruma sistemidir. Bu çubuk en kısa yoldan indirme iletkeni ile topraklama tesisatına bağlanmaktadır. Bu yöntemle geniş alanları hatta binaları korumak mümkün değildir. Günümüzde özellikle minareler, rüzgâr türbineri ve bacalar gibi küçük boyutlu alanlarda kullanılmaktadır.

Şekil 4.6: Franklin çubuğu

4.6.4. Paratoner Elemanları

Paratoner tesisatı yapımında iniş iletkenleri, yakalama çubuğu, direk, bağlantı parçaları ve topraklama elemanları kullanılır.

4.6.4.1. İniş İletkenleri

2x30 mm dolu daire kesitli bakır iniş iletkeni kullanılacaktır. Bu iletken uygun aralıklarla kroşeler kullanılarak montaj yüzeyine tutturulur.

4.6.4.2 Yakalama Çubukları

Çubuklar ucu sivriltilmiş en az 16 mm^2 kesitli paslanmaz çelikten en az 50 cm boyundadır. Tesisin en yüksek bölümlerine konur. Çatı aynı düzlemde ise özellikle köşelerden başlanarak en çok 15 m aralıklı yakalama çubukları konur.

4.6.4.3. Direk

6 metre boyunda galvanizli bir borudur. Bu direk duvara ya da çatıya altlık, gergi telleri, kelepçeler vs. ile monte edilir.

4.6.4.4. Bağlantı Parçaları

Paratoner sistemlerin montajında ve bağlantılarında kroşeler, bağlantı klemensleri gibi bağlantı parçaları kullanılır.

4.7. Paratoner Sistemi Montaj ve Bağlantıları

- Aktif paratoner, korunması istenilen bölgedeki en yüksek noktadan 1,5 m daha yükseğe monte edilecektir.
- Tesiste kullanılacak bakır iletkenler %99,5 saflıkta elektrolitik bakır olacaktır.
- Kurulacak tesisatın topraklama direnci ölçülecek ve 5 Ohm'dan az olacaktır, fazla ise ilave bakır çubuk ile düşürülecektir.
- Toprak altında kalan tüm bağlantı noktaları ziftlenecektir.
- Telefon, yangın ihbar ve kumanda tesisatı, kablolarının geçtiği güzergâhlarda yapılması gereken topraklamalar, bu kabloların en az 5 m uzağına yapılacaktır.
- Aktif paratonerde toprak altında kalan tüm bağlantı noktaları ziftlenecektir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Topraklama işlemini aşağıdaki işlem sırasına göre gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Projeyi okuyunuz. ➢ Topraklama elektrot yönlerini tespit ediniz. ➢ Uygun topraklama iletkenini seçiniz. ➢ Uygun toprak elektrodunu seçiniz. ➢ Toprak iletkenini çekiniz. ➢ Kiriş bağlantı filizlerine topraklama iletkenini tutturunuz. ➢ Toprak iletkenlerini toprak elektroduna tutturunuz. ➢ Toprak elektroduna iletkeni bağlayınız. ➢ Toprak elektrodunu gömünüz. ➢ Ölçüme uygun aletleri seçiniz. ➢ Topraklama direncini ölçünüz. ➢ Yalıtkanlık direncini ölçünüz. ➢ Uygun paratoner sistemini seçiniz. ➢ Paratoner sistem elemanlarının yerine montajını yapınız. ➢ Paratoner iletkeni sistemini seçiniz. ➢ Paratoner bağlantılarını yapınız.	➢ Projede kullanılan sembolleri öğreniniz. ➢ Topraklama iletken kesitlerini işlemden önce hesaplayınız. ➢ Topraklama iletkeni bağlantı parçalarını kontrol ediniz. ➢ Topraklama iletkeninin çekilmesinde kabloların renklerine dikkat ediniz. ➢ Meger ile ölçme yaparken dikkatli olunuz. ➢ Paratoner sistemi yerleştirilecek yeri önceden araştırınız. ➢ Paratoner sistemi yerleştirilecek yerin topraklama direncini ölçünüz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Projeyi okudunuz mu?		
2.	Topraklama elektrot yönlerini tespit etiniz mi?		
3.	Uygun topraklama iletkenini seçtiniz mi?		
4.	Uygun toprak elektrodunu seçtiniz mi?		
5.	Toprak iletkenini çektiniz mi?		
6.	Kiriş bağlantı filizlerine topraklama iletkenini tutturdunuz mu?		
7.	Toprak iletkenlerini toprak elektroduna tutturdunuz mu?		
8.	Toprak elektroduna iletkeni bağladınız mı?		
9.	Toprak elektrodunu gömdünüz mü?		
10.	Ölçüme uygun aletleri seçtiniz mi?		
11.	Topraklama direncini ölçtünüz mü?		
12.	Yalıtkanlık direncini ölçtünüz mü?		
13.	Uygun paratoner sistemini seçtiniz mi?		
14.	Paratoner sistem elemanlarının yerine montajını yaptınız mı?		
15.	Paratoner iletkeni sistemini seçtiniz mi?		
16.	Paratoner bağlantılarını yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1.( ) Topraklayıcı, toprağa gömülü ve toprakla iletken bir bağlantısı olan veya beton içine gömülü, geniş yüzeyli bağlantısı olan iletken parçalarıdır.
2.( ) Toprağın elektriksel öz direncine toprak direnci denir.
3.( ) Temel topraklaması için en küçük kesiti 30 mm x 3,5 mm olan çelik şerit veya en küçük çapı 10 mm olan yuvarlak çelik çubuk kullanılmalıdır.
4.( ) Topraklayıcının topraklama iletkenine bağlantısı, kaynak bağlantısı ya da rondelalı cıvatalar gibi mekanik bakımdan sağlam ve elektriksel bakımdan iyi iletken biçiminde yapılmalıdır.
5.( ) Topraklama iletkenleri üzerinde anahtar kullanılmasına ve alet kullanılmadan kolaylıkla çözülebilen bağlantılar yapılır.
6.( ) Topraklayıcı olarak genellikle sıcak galvanizli çelik, bakır kaplamalı çelik ya da bakır tercih edilmelidir.
7.( ) Topraklayıcı montajında kuru bir toprak tercih edilmelidir.
8.( ) Yalıtkanlık dirençlerinin ölçümünde megerler topraklama direnç ölçümünde ohmmetreler kullanılır.
9.( ) Yalıtkan maddelerin, elektrik akımına karşı gösterdikleri dirence "yalıtkanlık direnci" denir.
10.( ) Topraklama ölçümünde ölçüm yapacağımız yer ıslatılmalıdır.
11.( ) Topraklama ölçümünde elektrot iki çubuk arasındayken ölçüm gerçekleştirilir.
12.( ) Franklin çubuğu yöntemi geniş alanları geniş binaları korumak için kullanılır.
13.( ) Yakalama çubukları ucu sivriltilmiş en az 16 mm^2 kesitli paslanmaz çelikten en az 50 cm boyundadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Asenkron motor aynı doğru akım …… gibi kendi kendini uyararak dışarıya gerilim verebilir.
2. Küçük rüzgâr türbinlerinde kullanılan doğru akım jeneratörü 12 neodyum demir bor sabit **.....** jeneratör kullanılmaktadır.
3. Türbini ana direğe sabitlemek için türbinin ..... derece dönüş yapmasını sağlayacak rota(yaw) elemanının montajı yapılır.
4. Türbinin …….suretiyle kanatların sabitlenmesi işlemi gerçekleştirlmiş olur. Bunun için bir durdurma butonu kullanılır.
5. Yönlendirme parçası türbin ana gövdesine ……. olduğu gibi ayrıca montaj gerektiren tipleri de mevcuttur.
6. Faraday kafesi ile korunması istenen bina en yüksek yerlerinden **.....** kadar devamlı ve kesiksiz iletkenlerle (yatay ve düşey) sarılmaktadır.
7. Franklin çubuğu korunacak yerin en yüksek noktasına .....bir çubuk yerleştirme prensibine dayanan koruma sistemidir.
8. Topraklayıcı, toprağa gömülü ve toprakla iletken bir bağlantısı olan veya beton içine gömülü, geniş yüzeyli bağlantısı olan ..... parçalarıdır.
9. Zemin koşulları elverişli ise..... topraklayıcılar genel olarak 0,5 ila 1 m derinliğe gömülmelidir.
10. Temel topraklaması kuvvetli akım tesislerinde ve yıldırıma karşı koruma tesislerinde ..... olarak uygundur.
11. Yalıtkanlık direncini doğrudan doğruya ölçen ölçü aletlerine ..... denir.
12. Yıldırımın zararsız olarak toprağa iletilmesinde .....tesislerinden yararlanılır.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	asenkron
2	tahrik
3	negatif
4	senkron
5	kanat
6	kırmızı
7	10,000

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	potansiyeline
2	hızına
3	izolatörleri
4	durdurma

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	yönlendirme
2	frenlenmesi
3	**2**

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	**D**
2	**Y**
3	**D**
4	**D**
5	**Y**
6	**D**
7	**Y**
8	**Y**
9	**D**
10	**D**
11	**D**
12	**Y**
13	**D**

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	dinamosu
2	mıknatıslı
3	360
4	frenlenmesi
5	yekpare
6	toprağa
7	sivri
8	iletken
9	şerit
10	topraklayıcı
11	meger
12	paratoner

KAYNAKÇA

- EZ Tower Owner's Manual For Wind Generators
- **Air Breeze Owner's Manual**
- **Whisper-200 Owner's Manual**
- **SkyStream 3.7 Owner's Manual**